



Docket No.: SB-517

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date indicated below.

By: Marius Müller Date: November 21, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/690,003
Applicant : Günter Rau, et al.
Filed : October 21, 2003

Docket No. : SB-517
Customer No. : 24131

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents,
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 102 50 432.6, filed October 30, 2002.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Marius Müller
For Applicant

MARIUS MÜLLER
REG. NO. 37,113

Date: November 21, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/av

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 50 432.6

Anmeldetag: 30. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber: SINTERSTAHL GMBH, Füssen/DE

Bezeichnung: Verfahren zum mechanischen Ausformen von Hinterlegungen an Sinterformteilen auf Eisenbasis

IPC: B 23 F, B 22 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Ebert

VERFAHREN ZUM MECHANISCHEN AUSFORMEN VON HINTERLEGUNGEN AN SINTERFORMTEILEN AUF EISENBASIS

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines gehärteten, im Wesentlichen ringförmigen Sinterformteils auf Eisenbasis mit hochfester Innenverzahnung, mit Hinterlegungen im Zahnflankenbereich und mit Funktionsausnehmungen im Verzahnungsbereich. Die Herstellung umfasst das Pulverpressen, Sintern, mechanisches Ausformen der Hinterlegung und das Härten des Formteilwerkstoffes.

Derartige Formteile kommen in Getrieben zum Einsatz, z.B. als Schiebemuffen in Kfz-Schaltgetrieben.

Bis heute werden Schalt- oder Schiebemuffen kommerziell ausschließlich aus schmelzmetallurgisch hergestellten Stahlronden mittels Zerspanens gefertigt. Besonders kostenintensiv ist die spanabhebende Fertigung von Innenverzahnungen, das sind im hohlförmigen Formteil innenliegende, z.B. auf einer Ringinnenseite liegende Verzahnungen. Für die Kosten der Innenbearbeitungen ist die Ausgestaltung von Hinterlegungen ein wichtiger Faktor. Unter Hinterlegung von Flächen wird die Gestaltung solcher Flächenausnehmungen verstanden, die im Falle ringförmiger Bauteile nicht mit zur Ringachse achsparalleler Werkzeugzustellung zum Werkstück fertigbar sind, sondern die ein Eintauchen des Werkzeugs aus einer Ringachsenposition radial nach außen ins Werkstück erfordern.

Hinterlegungen in ringförmigen Massenteilen, wie Schiebemuffen in Kfz-Getrieben, werden daher aus Kostengründen zu einem geringen Anteil durch Walzfräsen,

überwiegend aber durch Hinterrollen unter plastischer Materialverdrängung aus dem Hinterlegungsbereich gefertigt. Dabei ergaben sich in unterschiedlichem Ausmaß regelmäßig unerwünschte geometrische Verformungen, Grat- oder Wulstbildungen im Zahnbereich, die anschließend mittels eines eigenen Arbeitsganges, dem Räumen, beseitigt werden mussten.

Um die Ausbildung von Graten und Wulsten zu umgehen und damit den Arbeitsschritt des Räumens zu vermeiden, wurde entsprechend der EP 0 550 877 A1 vorgeschlagen, anstelle eines Rollierens von Hinterlegungen oder eines üblichen Wälzfräsens das dort näher beschriebene Zykloid- oder Hypozykloid-Fräsverfahren anzuwenden. Der dort beschriebene Fräsvorgang zeichnet sich dadurch aus, dass ein spezieller Schaft- bzw. Fingerfräser dem Werkstück auf definierten zyklischen Bahnen zugestellt wird, was eine Formgebung in Werkstück-Sollabmessung ohne Gratbildung und bei gleichzeitig hoher Wirtschaftlichkeit ergeben soll.

Das Vorgesagte ist vor dem Hintergrund zu sehen, dass beispielsweise für Zahnbereiche in Getriebebauteilen höchste Maßpräzision und höchste Anforderungen an die mechanische Werkstofffestigkeit gestellt sind.

Alternativ zur Fertigung von Formteilen der eingangs genannten Art aus erschmolzenen, geschmiedeten Ronden wurde bereits vorgeschlagen, derartige Formteile auf pulvermetallurgischem Wege herzustellen. Neben allgemeinen Kostenvorteilen durch die Sintertechnologie verspricht man sich aus der für Sinterteile üblichen Werkstoff-Restporosität zusätzliche Vorteile ziehen zu können. Getriebebauteile laufen üblicherweise im Ölbad. Die Werkstoff-Porosität im Oberflächenbereich von Zahnflanken kann als Ölreservoir dienen und sollte den

unter hohem Anpressdruck ineinandergreifenden Verzahnungen ausreichende Schmierung garantieren.

Obwohl heute komplexe Werkstückformen mittels Pulverpressens und Sinterns in „net shape“-Qualität ohne anschließende formgebende Nachbearbeitung fertigbar sind, hat die Pulverpresstechnik dort ihre Grenzen, wo Flächen etwa senkrecht zur Pulver-Pressrichtung ausgeformt werden müssen. Solche Flächen, wie die genannten Hinterlegungen, werden daher am fertigen Sinterteil durch Rollieren oder ein sonstiges plastisches Umformen von Formteilwerkstoff angebracht. Das aber geht, wie oben angeführt, regelmäßig mit einem lokalen Verdrängen von plastifiziertem Formteilwerkstoff einher. Dazu werden mittels konstruktiver Maßnahmen Freiräume in der Vorform des Bauteils geschaffen, in welche das plastifizierte Material, für die Funktionsflächen des Bauteils unschädlich, hineingeschoben werden kann. Sinterformteile bieten aufgrund ihrer Restporosität theoretisch den Zusatzvorteil einer möglichen Komprimierung durch Auffüllen der Porenvolumina. Dabei kommt es bei jedem der bis heute im Einzelnen vorbeschriebenen Verfahren und entgegen dortiger Ausführungen in der Praxis zu nachteiligen Maßänderungen und Wulstbildungen.

Dazu werden die DE 38 39 800 A1 und die EP 1 027 179 A1 angeführt. Bei der Fertigung der eingangs genannten Formteile lässt sich somit ein nachträgliches Räumen der Zahnflächen nach dem Rollieren angesichts der hohen Maßanforderungen nach dem Hinterrollen nicht vermeiden.

Das Formen von Hinterlegungen in Sinterformteilen mittels Rollieren hat weitere Nachteile. Es führte infolge Materialfließens zu einem Verschließen der Poren in der Oberflächenzone der rollierten Zahnflächen und macht den oben genannten Vorteil

der Ölschmierung und Ölverdrängung zunichte. Auch das Räumen verkleinert oder verschließt die Poren an der Oberfläche von Sinterteilen.

Damit fällt aber der Vorteil von Getriebeteilen in Sinterausführung weg, die oberflächliche Offenporigkeit als Ölreservoir zu nutzen.

Damit Sinterformteile eine höhere mechanische Festigkeit erhalten, werden sie einsatzgehärtet, bevorzugt durch Gasuafkohlung. Der Wegfall der Offenporigkeit hat speziell im Anwendungsfall Sinterformteil auf Eisen-Basis als Getriebeteil einen weiteren schwerwiegenden Nachteil, erschwert doch ein Bauteil mit verminderter oder nicht vorhandener Oberflächenporosität eine wirksame, gleichmäßige Oberflächenhärtung mittels Gas-Einsatzhärtens im Anschluss an den Sinterprozess wesentlich.

Die höchste mechanische Festigkeit wird bei den genannten Bauteilen im Bereich der Zahnflanken gefordert. Das ist der Bereich, der im Fall des Rollierens durch Verschließen der Oberflächenporen einer nachträglichen Gashärtung weit weniger zuverlässig zugänglich ist, als Oberflächenbereiche mit homogener Porenstruktur.

Insbesondere inhomogene Härtung infolge unterschiedlichen Grades an verschlossenen Poren führen aber zu höchst unerwünschten Spannungen und zu Verzügen im Bauteil.

Ungeachtet der vorgeschilderten Schwierigkeiten beim Rollieren galt für den Fachmann das Ausformen von Hinterlegungen in Sinterformteilen mittels Zerspanens nicht als brauchbare Alternative. Lösungsvorschläge gingen in andere Richtungen. Zum Beispiel wurde in der EP 0 389 024 A1 vorbeschrieben, ein Sinterformteil der eingangs genannten Art mittels getrennten Pressens zweier Teilringe und

anschließenden Sinterfügens zu fertigen. Auf Grund einer geeigneten Zweiteilung des Formteils war dort die Hinterlegung direkt aus Pulver pressbar geworden. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist das aufwendige Fügen der beiden Teilringe.

Aufgabe vorliegender Erfindung ist es daher, ein Verfahren vorzuschlagen, mit dem sich Hinterlegungen an Sinterformteilen mit Innenverzahnung der eingangs genannten Art wirksam und wirtschaftlich anbringen lassen. Die bei Sinterformteilen auf Eisenbasis nach dem Sintern übliche Porosität ist im Bereich der Oberflächenzonen auch nach der Ausgestaltung der Hinterlegung in einem einzelnen Arbeitsgang so vollständig zu erhalten, dass zumindest im Bereich der Zahnflanken eine zusätzliche Härtung über Gasbehandlung gewährleistet ist und dass weiterhin bei Sinterformteilen, die in Getrieben eingesetzt werden, eine ausreichende Schmierung durch Öleinlagerungen in den Oberflächenporen von Zahnflanken sich gegeneinander abwälzender Verzahnung sichergestellt ist.

Diese Aufgabe wird mittels eines Verfahrens gelöst, bei dem die Hinterlegung mit offenporigen Flächen am ungehärteten Sinterformteil mittels Fräsens unter Bewegung der Fräserachse auf einer Hypozykloidenbahn mit stoßendem Schneideneingriff im Spitzenbereich der Bahn und unter gleichzeitiger Rotationsbewegung des Sinterformteils um seine Achse angebracht wird.

Wesentliches Erfindungsmerkmal ist demnach die Fertigung der Hinterlegung an einem Sinterformteil mittels des genannten Hypozykloid-Fräsverfahrens, womit bezüglich der erfindungsgemäßen Aufgabe Ergebnisse erzielt werden, die bei Anwendung eines Standard-Fräsverfahrens, z.B. mittels üblichen Wälzfräsens nicht denkbar sind.

Für das Fräsen gilt ganz allgemein, dass die Rotationsbewegung eines Fräasers bei gleichzeitiger Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstücks eine Spanausbildung ergibt, die unvermeidlich mit einer plastischen Werkstoffumformung in der Schnittzone, sowohl im Span als auch an der bearbeiteten Werkstückoberfläche verbunden ist.

Das erfindungswesentliche Fräsverfahren zeigt nun diese Nachteile in einem vergleichsweise nur unbedeutenden Ausmaß. Das Verfahren ist in seinen Ausführungsdetails und in seiner Anwendbarkeit für die Ausformung von Hinterlegungen an Zahnflanken von Innenverzahnungen in der EP 0 550 877 A1 näher beschrieben.

Bei diesem Verfahren bewegt sich die Schneidkante des Fräswerkzeuges relativ zur Werkstückverzahnung auf einer Hypozykloidenbahn. In der Sternspitze der Bahn liegt der Umkehrpunkt von radial nach außen zu radial nach innen gerichteter Fräserbewegung, was eine Werkstückbearbeitung mit vorzugsweise stoßendem Fräseingriff und mit vergleichsweise geringer Materialverformung, Gratbildung und unbedeutender Rauigkeit im Bereich der bearbeiteten Werkstückoberfläche erlaubt.

Dort nicht beschrieben oder angeregt sind die besonderen Vorteile dieses Verfahrens auf die erfindungsgemäßen Formteile in Sinterausführung.

Für den Fachmann nicht naheliegend und in seinem tatsächlichen Ergebnis nicht vorhersehbar, werden bei Anwendung des Hypozykloidfräsens entsprechend der Erfindung im Bereich der Hinterlegungen offenporige Sinterteile bei gleichzeitig hervorragenden Maßhaltigkeits- und Oberflächeneigenschaften erzielt. Bei Sinterteilen auf Eisenbasis mit durchschnittlicher Werkstofffestigkeit kommt es zu einer unerwartet kurzbrechenden Spanbildung, die keine sichtbaren

Verformungsspuren hinterlässt und bei der die Porosität gleich und offen bleibt. Dieser Spanbruch trägt nennenswert zur Vermeidung von Aufwerfungen, Gratbildungen oder Maßverzug bei. Ein weiterer Grund für diesen, aus Sicht der gewünschten Offenporigkeit gewollten Spanbruch, dürfte die schwingungsdämpfende Wirkung von porigen Sinterformteilen hin zu einem weitgehend vibrationsfreien Fräsen sein.

Das erfindungsgemäße Verfahren lässt eine im Vergleich zum bekannten Stand der Technik äußerst wirtschaftliche Fertigung von Hinterlegungen in einem einstufigen Verfahren unter Beibehaltung von Offenporigkeit in den bearbeiteten Flächen zu.



Erfindungsgemäße Sinterteile mit Hinterlegungen ließen sich, soweit erwünscht, mit hoher Effizienz und in hoher Qualität nachträglich in einer kohlenstoffhaltigen Gasatmosphäre Einsatzhärten. Die Homogenität des Härtingsprozesses auch in den bearbeiteten Zahnflankenbereichen wurde nachgewiesen. Spannungen und Verzüge im Bauteil, hervorgerufen durch verminderte oder nicht vorhandene Oberflächenporosität wurden nicht beobachtet.



Die erwünschte Depotwirkung von Oberflächenporen im Zahnflankenbereich wurde beim Einsatz eines erfindungsgemäßen Sinterformteile in ölgeschmierten Getrieben nachgewiesen.

Ein bevorzugtes Sinterformteil gemäß Erfindung ist die Schalt- oder Schiebenmuffe in Kfz-Getrieben. Andere Getriebebauteile, wie Kupplungskörper, sind weitere Anwendungsbeispielen für die Fertigung gemäß Erfindung.

Zur Erfüllung der Synchronisations- und Schaltfunktion in Getrieben besitzen Bauteile, wie eine Schiebenmuffe neben den Verzahnungen eine Reihe

unterschiedlicher Funktionsausnehmungen, wie Nuten und Anschlagflächen im Verzahnungsbereich. Eine wichtige Funktionsausnehmung in Schiebemuffen ist die an mehreren Stellen im Bereich der Innenverzahnung angebrachte Rast-, bzw. Rastiernut. Deren Fertigung erfordert einen eigenen Fräsvorgang. Das Hypozykloidfräsen eignet sich nun besonders für ein rationell wirtschaftliches Anbringen von Hinterlegung und Rastnut in einer Schiebemuffe in einer einzigen Werkstück-Aufspannung in zwei kontinuierlich unmittelbar aufeinanderfolgenden Arbeitsschritten, ohne aufwendiges Umrüsten.

Dazu wird ein Kombi-Werkzeughalter parallel mit zwei Werkzeugen bestückt, die unmittelbar nacheinander nach dem gleichen Fräsverfahren die beiden Arbeitsgänge des Hinterlegens und des Rastnutenfräsens ausführen.

Das „ringförmige“ Sinterformteil schließt Ausgestaltungen als Hohlzylinder, Büchsen und ähnliche Formen mit ein.

Unter dem Begriff „mechanische Ausformung“ von Hinterlegungen werden alle bekannten Arten des nachträglichen Anbringens in einem Festkörper verstanden, im Unterschied zum Anbringen mit dem Pulverpressen in einer entsprechend gestalteten Pressform.

Der Begriff der „Rotationsbewegung“ des Sinterformteils beim Hypozykloidfräsen schließt sowohl eine kontinuierliche, als auch eine periodisch sprunghafte Weiterbewegung des Formteils um einen bestimmten Winkel der Kreisbahn mit ein.

Für das erfindungsgemäße Verfahren bedeutsam sind die Begriffe „gehärteter“ und/oder „sinterharter“ sowie „ungehärteter“ und/oder „vorgesinterter“ Werkstoff auf Eisen-Basis. Die übergeordnete Bedeutung dieser paarweise verwendeten Begriffe liegt darin, dass das Verfahren auf solche Sinterformteile auf Eisen-Basis angewandt

wird, die eine vergleichsweise hohe mechanische Härte besitzen, zumindest in den Bereichen, an denen Hinterlegungen mechanisch auszuformen sind.

Zur Durchführung des kennzeichnenden Verfahrens sind aber sehr harte Werkstoffe weniger für eine wirtschaftliche Fertigung nicht geeignet.

Zur vorteilhaften Durchführung des Verfahrens sind daher Werkstoffe auf Eisen-Basis einzusetzen, deren Härte wesentlich unter für das Fertigteil geforderten Härte liegt.

Bei der Umsetzung dieser Vorgabe wird auf dem Fachmann Bekanntes zurückgegriffen.

Bekannt ist die Anwendung unterschiedlicher Arten der Kohlenstoff-Härtung im Eisen-Basis-Werkstoff. Die Härte lässt sich – abgesehen von metallischen Legierungszusätzen - durch den Kohlenstoffgehalt im Eisen-Basiswerkstoff und durch die Ausbildung verschiedener metallischer Phasen im Werkstoff steuern. Härtungsverfahren, wie die Austenit-Martensit-Umwandlung, sind für das erfinderische Verfahren geeignet. Eine spezielle Variante ist das nachträgliche Einsatzhärten mittel kohlenstoffhaltiger Gase bei hohen Temperaturen in Oberflächenzonen des Formteils.

Beim Vorliegen geeigneter Kohlenstoff-Gehalte im Eisen-Werkstoff lässt sich die Härtung bei Sinterformteilen vorteilhafterweise über Phasenumwandlung mittels ausreichend schnellen Abkühlens am Ende des Fertigungsprozesses erreichen.

In der Sintermetallurgie wird das Mittel der Vorsinterung bis zu mäßigen Werkstofffestigkeiten und das anschließende Fertigsintern auf höchste erreichbare Härte und Festigkeit nach einem Zwischenschritt des mechanischen Ausformens an

teilverfestigen und daher in leicht bearbeitbaren Formteilen eingesetzt. Dieses Verfahren findet wahlweise auch auf vorliegende Erfindung Anwendung.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Herstellung eines gehärteten und/oder sinterharten, ringförmig achssymmetrischen Sinterformteils auf Eisen-Basis mit Innenverzahnung, einschließlich Hinterlegungen im Zahnflankenbereich und wahlweise Funktionsausnehmungen im Zahnbereich, mit den Fertigungsschritten Pulverpressen, Sintern, mechanische Ausformung der Hinterlegungen und Härten,
dadurch gekennzeichnet,
dass Hinterlegungen mit offenporigen Flächen am ungehärteten und/oder vorgesinterten Sinterformteil mittels Fräsens unter Bewegung der Fräserachse auf einer Hypozykloidenbahn bei stoßendem Schneideneingriff im Spitzenbereich der Bahn und bei gleichzeitiger Rotationsbewegung des Sinterformteils um seine Achse angebracht wird.
2. Verfahren zur Herstellung eines Sinterformteils nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das gepresste Teil bei Temperaturen $< 900^{\circ}\text{C}$ vorgesintert, anschließend mittels Fräsen bearbeitet, dann bei Temperaturen zwischen 1000°C und 1400°C fertiggesintert und dabei gehärtet wird.
3. Verfahren zur Herstellung eines Sinterformteils nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Fe-Basislegierung mit $\geq 0,2\%$ C verwendet wird und das Fertigsintern bei Temperaturen zwischen 1100°C und 1250°C erfolgt.

4. Verfahren zur Herstellung eines Sinterformteils nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Fe-Basislegierung mit $\geq 0,4 \text{ \% C}$ verwendet wird und das Fertigsintern bei Temperaturen zwischen 1100°C und 1250°C erfolgt.
5. Verfahren zur Herstellung eines Sinterformteils nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Härtung durch schnelles Abkühlen aus der Sinterhitze des Fertigsinterns erfolgt.
6. Verfahren zur Herstellung eines Sinterformteils nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Fe-Basislegierung mit $< 0,3 \text{ \% C}$ verwendet wird, dass das gepresste Teil unter üblichen Bedingungen zum Formteil fertiggesintert, anschließend mittels Fräsen bearbeitet und abschließend mittels Einsatzhärtens in kohlenstoffhaltiger Atmosphäre zumindest in einer Oberflächenzone gehärtet wird.
7. Verfahren zur Herstellung eines Sinterformteils nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Hinterlegungen mittels eines einzahnigen Fräasers bei einem ganzzahligen Verhältnis von Fräserumlaufzeit auf einer Zykloidenbahn und einmaliger Rotation des Sinterteils um seine Achse angebracht werden.
8. Verfahren zur Herstellung eines Sinterformteils nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zum Fräsen ein Fräswerkzeughalter verwendet wird, welches mit einem Werkzeug zum Fräsen der Hinterlegung und mit einem eigenem Werkzeug zum Fräsen der Funktionsausnehmung bestückt ist.

- 9. Sinterformteil, hergestellt nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass dieses eine Schiebemuffe für Kfz-Getriebe ist.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein vergleichsweise wirtschaftliches Verfahren zur Herstellung von Sinterformteilen, wie Schiebemuffen in Kfz-Getrieben, in welchen offenporige Hinterlegungsflächen an deren Innenverzahnung ausgeformt sind. Erfindungsgemäß wird das Hypozykloid-Fräsen als Verfahren zur Ausformung der Hinterlegungen vorgeschlagen.

